

**HIGH FREQUENCY CIRCUIT INTEGRATING ANTENNA****Publication number:** JP10270936**Publication date:** 1998-10-09**Inventor:** KAKIMOTO NORIKO; SUEMATSU EIJI**Applicant:** SHARP KK**Classification:**

**- International:** H05K3/46; H01Q9/04; H01Q13/08; H01Q19/18;  
H01Q23/00; H05K3/46; H01Q9/04; H01Q13/08;  
H01Q19/10; H01Q23/00; (IPC1-7): H01Q23/00;  
H01Q13/08; H01Q19/18; H05K3/46

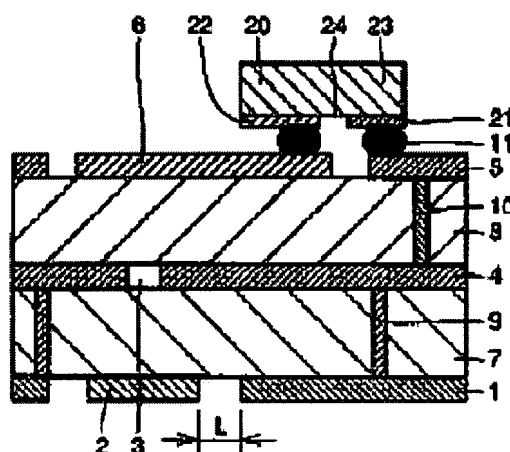
**- European:** H01Q9/04B5B; H01Q23/00

**Application number:** JP19970068477 19970321**Priority number(s):** JP19970068477 19970321**Also published as:**

EP0866517 (A2)  
US6181278 (B1)  
EP0866517 (A3)  
EP0866517 (B1)  
DE69825199T (T2)

[Report a data error here](#)**Abstract of JP10270936**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To stabilize the ground of a high frequency circuit and to realize a stable high frequency operation by connecting a first ground part and a second ground part so that the length of the first ground part where a first slot connection hole is formed becomes under a prescribed value. **SOLUTION:** A power feeding circuit 6 and a third ground conductor 5 are provided on one surface of a second dielectric substrate 8. A second ground conductor 4 where the first slot connection hole is provided is formed on a face opposite to the second dielectric substrate 8 so that it is positioned just below the power feeding circuit 6. The third ground conductor 5 connects the second ground conductor 4 and the third ground conductor 5 by a second via hole 10. Thus, ground is reinforced and stabilized since the second ground conductor 4 and the third ground conductor 5 are electrically connected in the shortest distance by the second via hole 10.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-270936

(43) 公開日 平成10年(1998)10月9日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

H 0 1 Q 23/00

H 0 1 Q 23/00

13/08

13/08

19/18

19/18

H 0 5 K 3/46

H 0 5 K 3/46

Q

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平9-68477

(22) 出願日 平成9年(1997)3月21日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 柿本 典子

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 末松 英治

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

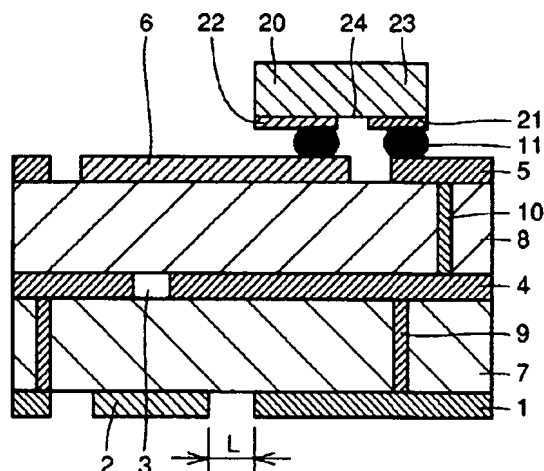
(74) 代理人 弁理士 深見 久郎

(54) 【発明の名称】 アンテナ一体化高周波回路

(57) 【要約】

【課題】 高周波回路が安定して動作し、アンテナの放射特性を向上させることが可能なアンテナ一体化高周波回路を提供すること。

【解決手段】 アンテナ一体化高周波回路は、マイクロストリップアンテナ2を囲むように配設される第1の接地導体1と、第1の接地導体1と第2の接地導体4とを接続するように設けられる第1のビアホール9と、第2の接地導体4と第3の接地導体5とを接続するように設けられ、第2の接地導体4から第4の接地導体21までの長さが所定値未満となるよう接続するための第2のビアホール10とを含む。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 マイクロストリップアンテナが形成された第1の導体層と、

第1のスロット結合孔が形成された第1の接地部を含む第2の導体層と、

前記第1のスロット結合孔を介して前記マイクロストリップアンテナとの間で電磁的に結合される給電回路および第2の接地部を含む第3の導体層と、

前記給電回路に接続される入出力端子部と前記第2の接地部に接続される第3の接地部とを含む第4の導体層、および該第4の導体層を表面に形成した高周波回路を含む半導体装置と、

前記第1の導体層および前記第2の導体層の間に積層される第1の誘電体基板と、

前記第2の導体層および前記第3の導体層の間に積層される第2の誘電体基板と、

前記第1の接地部および前記第2の接地部を接続するように設けられ、前記第1の接地部から前記第3の接地部までの長さが所定値未満となるよう接続するための第1の接続手段とを含むアンテナ一体化高周波回路。

【請求項2】 前記第1の接地部から前記第1の接続手段と前記第2の接地部とを経て前記第3の接地部までの長さは、前記高周波回路の実効波長の $1/4$ 未満である、請求項1記載のアンテナ一体化高周波回路。

【請求項3】 前記第1の導体層はさらに、前記マイクロストリップアンテナを囲むように配置される第4の接地部を含み、

前記アンテナ一体化高周波回路はさらに、前記第1の接地部と前記第4の接地部とを接続するための第2の接続手段を含む、請求項1または2記載のアンテナ一体化高周波回路。

【請求項4】 前記第1の導体層はさらに、前記マイクロストリップアンテナを囲むように配置される第4の接地部を含み、

前記アンテナ一体化高周波回路はさらに、前記第1の誘電体基板と前記第2の導体層との間に配設され、第2のスロット結合孔が形成された第5の接地部を含む第5の導体層と、

前記第4の接地部と前記第5の接地部とを接続するための第3の接続手段とを含む、請求項1または2記載のアンテナ一体化高周波回路。

【請求項5】 前記第1の誘電体基板は、前記マイクロストリップアンテナと前記第1のスロット結合孔との間に設けられた貫通孔を有し、

該貫通孔に配設され、前記第1の誘電体基板の誘電率より小さい第3の誘電体基板をさらに含む、請求項1記載のアンテナ一体化高周波回路。

【請求項6】 前記第1の誘電体基板は、前記マイクロストリップアンテナと前記第1のスロット結合孔との間の前記マイクロストリップアンテナ側に設けられた凹部

を有し、

該凹部に配設され、前記第1の誘電体基板の誘電率より小さい第3の誘電体基板をさらに含む、請求項1記載のアンテナ一体化高周波回路。

【請求項7】 前記第1の誘電体基板は、前記マイクロストリップアンテナと前記第1のスロット結合孔との間の前記マイクロストリップアンテナ側に設けられた凹部を有し、

前記マイクロストリップアンテナは前記凹部の底面に配設され、

前記第4の接地部は、前記マイクロストリップアンテナを囲むように前記凹部の側面を含む領域に配設される、請求項3または4記載のアンテナ一体化高周波回路。

【請求項8】 前記第1の誘電体基板の誘電率は、前記第2の誘電体基板の誘電率より低い、請求項1～7のいずれかに記載のアンテナ一体化高周波回路。

【請求項9】 少なくとも前記第1の誘電体基板と前記第2の誘電体基板と前記第1の接地部とが同時焼成された多層焼結体である、請求項1または2記載のアンテナ一体化高周波回路。

【請求項10】 前記アンテナ一体化高周波回路はさらに、前記第3の導体層上または前記第4の導体層上の少なくともいずれか一方に形成されたメッキ導体を含み、前記第3の導体層と前記第4の導体層とが前記メッキ導体を介して接続される、請求項1～9のいずれかに記載のアンテナ一体化高周波回路。

【請求項11】 前記アンテナ一体化高周波回路はさらに、少なくとも前記半導体装置を覆うように配設されたキャップを含み、該キャップは前記第2の接地部と接続される、請求項1記載のアンテナ一体化高周波回路。

【請求項12】 前記第1の誘電体基板または前記第2の誘電体基板の少なくともいずれか一方が、隣接する導体層と同時焼成または追加焼成される、請求項1～7のいずれかに記載のアンテナ一体化高周波回路。

【請求項13】 前記高周波回路は、高周波数の信号を中間周波数の信号に変換するための周波数変換部を含む、請求項1～7のいずれかに記載のアンテナ一体化高周波回路。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、小型、軽量で量産性に優れたアンテナ一体化高周波回路に関し、特に、高周波特性に優れたアンテナ一体化高周波回路に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、情報処理装置の処理速度の向上や、画像処理装置の高解像度化等に伴い、マイクロ波やミリ波のような高周波での高速、大容量のパーソナル通信が注目されている。このような通信においては、アンテナとマイクロ波・ミリ波回路とを単に一体化するだけでなく、その一体化構造を使用するマイクロ波・ミリ波

の高周波特性を活かすことのできる構造に構成することにより、初めて小型、軽量かつ高性能のマイクロ波・ミリ波送受信機が実現できる。このような、アンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の1つとして、特開平8-56113号公報に開示された発明がある。

【0003】図23は、特開平8-56113号公報に開示されたアンテナ一体型マイクロ波・ミリ波回路の構造を示す図である。アンテナ一体型マイクロ波・ミリ波回路は、接地導体膜102と、二酸化シリコン膜で構成される誘電体膜103と、平面アンテナ104と、検波回路が形成される半導体基板105と、平面アンテナ104に給電するためのマイクロストリップ線路107と、検波された信号を取出すための出力信号端子108と、誘電体基板113と、スロット116を含む。誘電体基板113の一方の面には平面アンテナ104が形成されている。また、誘電体基板113の他方の面にはスロット116を含む接地導体膜102が形成されており、この接地導体膜102を介して誘電体膜103が積層される。誘電体膜103の他方の面にはマイクロストリップ線路107と出力信号端子108とが形成されている。そして、マイクロストリップ線路107と出力信号端子108とに検波回路を含む半導体基板105が接続される。

【0004】スロット116を介してマイクロストリップ線路107と平面アンテナ104とを電磁界の作用で結合させることにより、アンテナ一体型マイクロ波回路を構成している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述した特開平8-56113号公報に開示された発明には以下の問題点がある。

【0006】(1) アンテナ近傍にアンテナの接地導体が存在しない。このため、平面アンテナ104の電位は不安定となり、平面アンテナ104の近くにある金属等の導体によって放射パターンが乱されたり、放射効率が低下したり、雑音発生源の原因となったりする。

【0007】(2) 仮に、平面アンテナ104の接地導体を接地導体膜102としても、マイクロ波・ミリ波回路の接地導体がアンテナの接地導体と、マイクロ波・ミリ波回路の間近で接続されていない。このため、アンテナの接地導体は、マイクロ波・ミリ波回路105の接地導体に対して真の接地とはなり得ない。この理由は、後述する。これにより、半導体基板105に形成される検波回路側では、雑音の低い安定した動作が得られず、寄生発振などの不安定動作や寄生容量が悪化する原因となる。一方、平面アンテナ104側では、半導体基板105に形成される検波回路の接地導体と平面アンテナ104の接地導体に起電力が生じることになり、サイドローブの高い不要な放射パターンが生じる原因となる。また、平面アンテナ104の入力インピーダンスも変動す

るため、平面アンテナ104の放射効率の低下の原因や共振周波数が変動する原因となる。

【0008】(3) 誘電体膜103および誘電体基板113のうち、半導体基板105に接続される誘電体膜103は膜状であり薄い。このため、マイクロ波やミリ波の周波数領域では、マイクロストリップ線路107の導体幅を細くせざるを得ない。そうすると、大きな伝送損失が生ずる原因となる。また、アンテナ一体型マイクロ波・ミリ波回路全体の強度は、ほとんど誘電体基板113のみによっている。マイクロ波やミリ波の周波数領域では、所望の特性インピーダンス（通常50Ω）を得るためには、誘電体基板113の厚さを薄くせざるを得ない。そのため、取扱いが難しく、生産において高い歩留りは期待できない。特に図23に示されているような半導体基板105のフリップチップ接続では、一般に高温や高荷重でなされるため、実用的でない。なお、誘電体膜103の例として、二酸化シリコン、窒化シリコン、またはポリイミドが挙げられている。しかし、二酸化シリコンと窒化シリコンは、耐熱性はあるが耐衝撃性は低くフリップチップボンディング時にクラックが生じやすい。ポリイミドは、耐熱性に劣るため熱圧着によるフリップチップ接続は難しく、半導体基板105と誘電体膜103との間に樹脂を介してその接着力により接続を得るという手法などを取らざるを得ない。したがって、半導体基板105と出力信号端子108またはマイクロストリップ線路107との間で信号を伝える導体において接合が不十分なため、DC (Direct Current) あるいは低周波においては問題はなくても高周波において反射が発生しやすい。また、樹脂を介すれば、誘電体膜103の見掛け上の誘電率が上がるため、回路設計上の制約が大きくなる。また、樹脂ゆえに信頼性において大きな問題となる可能性がある。さらに、ポリイミドは、比較的柔らかく塑性変形するためリペアが困難である。

【0009】(4) 誘電体基板113に対して、一方の面には1層（平面アンテナ104の層）のみを、他方の面には3層（接地導体膜102、誘電体膜103およびマイクロストリップ線路107の層）を、それぞれ積み重ねている。このため、製作工程が多く、工程を経るごとに一方の面と他方の面との膜の内部応力の差が拡大していくことになり、反りなどの問題が生じ、良好な高周波特性を得ることは困難となる。

【0010】(5) 半導体基板105だけでなく、これを実装する誘電体基板113（接地導体膜102、誘電体膜103、マイクロストリップ線路107、出力信号端子108、誘電体基板113、平面アンテナ104およびスロット116を含めて）も、半導体プロセスにより製作されるため、たとえば、厚膜印刷プロセスに比べて、設備導入費が高く、ランニングコストも高くなり量産性も劣る。なお、放射パターン精度においては、半導体プロセスによる方が優れるが、実用上厚膜印刷プロ

セスによるものでも十分なレベルにある。また、フリップチップ実装の精度については、むしろフリップチップボンダーの精度に依存する。しかし、最近のボンダーは必要な精度レベルに達している。

【0011】本発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、請求項1または2に記載の発明の目的は、高周波回路が安定して動作するアンテナ一体化高周波回路を提供することである。

【0012】請求項3～8に記載の発明の目的は、請求項1または2に記載の発明の目的に加えてさらにアンテナの放射特性を向上させることが可能なアンテナ一体化高周波回路を提供することである。

【0013】請求項9または12に記載の発明の目的は、製造工程の簡略化が可能なアンテナ一体化高周波回路を提供することである。

【0014】請求項10に記載の発明の目的は、高い配線抵抗の導体層であっても安定して動作するアンテナ一体化高周波回路を提供することである。

【0015】請求項11に記載の発明の目的は、外部への不要放射あるいは外部からの不要入射を防止することが可能なアンテナ一体化高周波回路を提供することである。

【0016】請求項13に記載の発明の目的は、信号が伝達される接続部を特殊な方法にする必要のないアンテナ一体化高周波回路を提供することである。

【0017】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載のアンテナ一体化高周波回路は、マイクロストリップアンテナが形成された第1の導体層と、第1のスロット結合孔が形成された第1の接地部を含む第2の導体層と、第1のスロット結合孔を介してマイクロストリップアンテナとの間で電磁的に結合される給電回路および第2の接地部を含む第3の導体層と、給電回路に接続される入出力端子部と第2の接地部に接続される第3の接地部とを含む第4の導体層、および第4の導体層上に形成される高周波回路を含む半導体装置と、第1の導体層および第2の導体層の間に積層される第1の誘電体基板と、第2の導体層および第3の導体層の間に積層される第2の誘電体基板と、第1の接地部および第2の接地部を接続するように設けられ、第1の接地部から第3の接地部までの長さが所定値未満となるよう接続するための第1の接続手段とを含む。

【0018】第1の接続手段は、第1の接地部から第3の接地部までの長さが所定値未満となるように第1の接地部と第2の接地部とを接続するので、高周波回路のグランドが安定し、高周波回路は安定した動作が可能となる。

【0019】請求項2に記載のアンテナ一体化高周波回路は、請求項1記載のアンテナ一体化高周波回路であって、第1の接地部から第1の接続手段と第2の接地部と

を経て第3の接地部までの長さは高周波回路の実効波長の $1/4$ 未満である。

【0020】請求項3に記載のアンテナ一体化高周波回路は、請求項1または2記載のアンテナ一体化高周波回路であって、第1の導体層はさらにマイクロストリップアンテナを囲むように配置される第4の接地部を含み、アンテナ一体化高周波回路はさらに第1の接地部と第4の接地部とを接続するための第2の接続手段を含む。

【0021】マイクロストリップアンテナは、第4の接地部に囲まれているため、近くにある導体の影響を受けることがなくなり、放射特性を向上させることができる。

【0022】請求項4に記載のアンテナ一体化高周波回路は、請求項1または2記載のアンテナ一体化高周波回路であって、第1の導体層はさらにマイクロストリップアンテナを囲むように配置される第4の接地部を含み、アンテナ一体化高周波回路はさらに第1の誘電体基板と第2の導体層との間に配設され、第2のスロット結合孔が形成された第5の接地部を含む第5の導体層と、第4の接地部と第5の接地部とを接続するための第3の接続手段とを含む。

【0023】アンテナ一体化高周波回路は、第1の導体層、第1の誘電体基板および第5の導体層を含む第1の基板部と、第2の導体層、第2の誘電体基板および第3の導体層を含む第2の基板部と、半導体装置とに大きく分けられる。第1の基板部と第2の基板部とを別々に製作して貼り合わせることで、基板の反りを防ぐことができる。

【0024】請求項5に記載のアンテナ一体化高周波回路は、請求項1記載のアンテナ一体化高周波回路であって、第1の誘電体基板は、マイクロストリップアンテナと第1のスロット結合孔との間に貫通孔が設けられ、貫通孔に第1の誘電体基板の誘電率より小さい第3の誘電体基板が配設される。

【0025】第1の誘電体基板に設けられた貫通孔に第3の誘電体基板を配設し、第3の誘電体基板の誘電率を第1の誘電体基板の誘電率より小さくすることによってマイクロストリップアンテナの放射特性を向上させることができる。

【0026】請求項6に記載のアンテナ一体化高周波回路は、請求項1記載のアンテナ一体化高周波回路であって、第1の誘電体基板はマイクロストリップアンテナと第1のスロット結合孔との間のマイクロストリップアンテナ側に凹部が設けられ、凹部に第1の誘電体基板の誘電率より小さい第3の誘電体基板が配設される。

【0027】第1の誘電体基板に設けられた凹部に第3の誘電体基板を配設し、第3の誘電体基板の誘電率を第1の誘電体基板の誘電率より小さくすることによってマイクロストリップアンテナの放射特性を向上させることができる。

【0028】請求項7に記載のアンテナ一体化高周波回路は、請求項3または4記載のアンテナ一体化高周波回路であって、第1の誘電体基板はマイクロストリップアンテナと第1のスロット結合孔との間のマイクロストリップアンテナ側に凹部が設けられ、マイクロストリップアンテナは凹部の底面に配設され、第4の接地部はマイクロストリップアンテナを囲むように凹部の側面を含む領域に配設される。

【0029】凹部の深さを調整して第1のスロット結合孔とマイクロストリップアンテナとの間の第1の誘電体基板の厚さを変えることにより、マイクロストリップアンテナの周波数帯域幅を調整することができる。また、第4の接地部はマイクロストリップアンテナを囲むように凹部の側面を含む領域に配設されるので、さらにマイクロストリップアンテナの放射特性を向上させることができる。

【0030】請求項8に記載のアンテナ一体化高周波回路は、請求項1～7のいずれかに記載のアンテナ一体化高周波回路であって、第1の誘電体基板の誘電率は第2の誘電体基板の誘電率より低い。

【0031】第1の誘電体基板の誘電率を第2の誘電体基板の誘電率より小さくすることにより、マイクロストリップアンテナの放射特性を向上させることができる。

【0032】請求項9に記載のアンテナ一体化高周波回路は、請求項1または2記載のアンテナ一体化高周波回路であって、少なくとも第1の誘電体基板と第2の誘電体基板と第1の接地部とが同時焼成された多層焼結体である。

【0033】第1の誘電体基板、第2の誘電体基板および第1の接地部とが同時焼成されるので、工程の簡略化が可能となる。

【0034】請求項10に記載のアンテナ一体化高周波回路は、請求項1～9のいずれかに記載のアンテナ一体化高周波回路であって、アンテナ一体化高周波回路はさらに第3の導体層と第4の導体層との間にメッキ導体が形成され、第3の導体層と第4の導体層とがメッキ導体を介して接続される。

【0035】第3の導体層と第4の導体層との間に低抵抗のメッキ導体が形成されるので、表皮効果により高周波信号はメッキ導体を通過する。したがって、第3の導体層に配線抵抗の高い材料を使用することができる。

【0036】請求項11に記載のアンテナ一体化高周波回路は、請求項1記載のアンテナ一体化高周波回路であって、アンテナ一体化高周波回路はさらに、少なくとも半導体装置を覆うように配設されたキャップを含み、このキャップは第2の接地部と接続される。

【0037】半導体装置はキャップにより覆われるので、外部への不要放射あるいは外部からの不要入射を防ぐことが可能となる。

【0038】請求項12に記載のアンテナ一体化高周波

回路は、請求項1～7のいずれかに記載のアンテナ一体化高周波回路であって、第1の誘電体基板または第2の誘電体基板の少なくともいずれか一方が隣接する導体層と同時に焼成または追加焼成される。

【0039】第1の誘電体基板または第2の誘電体基板の少なくとも一方が隣接する導体層と同時に焼成または追加焼成されるので、工程の簡略化が可能となる。

【0040】請求項13に記載のアンテナ一体化高周波回路は、請求項1～7のいずれかに記載のアンテナ一体化高周波回路であって、高周波回路は高周波数の信号を中間周波数の信号に変換するための周波数変換部を含む。

【0041】高周波回路から外部回路基板への伝達は中間周波数の信号によってなされるので、信号が伝達される接続部を特殊な方法にする必要がなくなる。

【0042】

【発明の実施の形態】

〔実施の形態1〕図1は、本発明の実施の形態1におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の構造の断面を示す図である。アンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路は、第1の接地導体1およびマイクロストリップアンテナ2を含む第1の導体層と、第1のスロット結合孔3が形成された第2の接地導体4を含む第2の導体層と、第3の接地導体5および給電回路6を含む第3の導体層と、第1の導体層および第2の導体層の間に積層される第1の誘電体基板7と、第2の導体層および第3の導体層の間に積層される第2の誘電体基板8と、第1の接地導体1および第2の接地導体4を接続するための第1のビアホール9と、第2の接地導体4および第3の接地導体5を接続するための第2のビアホール10と、第4の接地導体21、入出力端子部22、半導体基板23およびマイクロ波・ミリ波回路24を含む半導体装置20と、接続部材21とを含む。

【0043】第2の誘電体基板8の一方の表面には、給電回路6と第3の接地導体5とが設けられ、第2の誘電体基板8の反対側の面には、給電回路6の略真下に位置するように第1のスロット結合孔3が設けられた第2の接地導体4が形成される。また、第3の接地導体5は、第2のビアホール10によって第2の接地導体4と第3の接地導体5とが接続されている。なお、第2の誘電体基板8は誘電率が約1.0のセラミックであり、一方の表面には給電回路6と第3の接地導体5とが厚膜印刷される。給電回路6と第3の接地導体5とは、同素材であり同時に厚膜印刷される。第2の誘電体基板8の反対側の面には、第1のスロット結合孔3が設けられるように第2の接地導体4が厚膜印刷される。第2のビアホール10は、第2の誘電体基板10にホールをパンチングし、導体を埋込んで形成する。導体はメッキによって形成してもよい。第2の誘電体基板8の誘電率は相対的に大きいので、給電回路6のサイズを小さくでき、設計の

自由度を非常に大きくすることができる。第1のスロット結合孔3の略真上に給電回路6があり、給電回路6と第1のスロット結合孔3との間でマイクロ波・ミリ波信号を電磁界の作用により効率的に結合することができる。第2の接地導体4と第3の接地導体5とが第2のヴィアホール10によって最短距離で電氣的に接続されるため、グラントを強化し安定することができる。

【0044】第1の誘電体基板7の一方の表面には、マイクロストリップアンテナ2と、マイクロストリップアンテナ2を取囲むように形成された第1の接地導体1とが設けられる。第1の誘電体基板7の反対側の面には、上述した第2の接地導体4が設けられる。第1の接地導体1は、第1のヴィアホール9によって第2の接地導体4に接続されている。なお、第1の誘電体基板7は誘電率が約5のセラミックであり、その底面にはマイクロストリップアンテナ2と第1の接地導体1とが厚膜印刷される。マイクロストリップアンテナ2と第1の接地導体1とは、同素材であり同時に厚膜印刷される。第1のヴィアホール9については、第1の誘電体基板7にホールをドリリングし、導体を埋込んで形成する。導体はメッキによって形成してもよい。第1の誘電体基板7の誘電率は約5と第2の誘電体基板8と比較して相対的に小さいため、マイクロストリップアンテナ2は効率のよい良好な放射特性を得ることができる。マイクロストリップアンテナ2は、第1の接地導体で囲まれているため、たとえばアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路を固定するための金属ねじや押さえ板ばね等の近くにある導体の影響を受けることがなくなり、サイドローブを低減した良好な放射パターンを得ることができる。

【0045】マイクロストリップアンテナ2の略真上に第1のスロット結合孔3があり、第1のスロット結合孔3とマイクロストリップアンテナ2との間で、電磁界の作用により効率的に結合することができる。特にミリ波では、スルーホールなどの電氣的な接続によりマイクロストリップアンテナと結合するよりも、結合損失が小さく、かつ妨害波を低減した良好な特性を得ることができる。第1の接地導体1と第2の接地導体4とは第1のヴィアホール9によって最短距離で電氣的に接続されているため、グラントと同一電位にし、雑音の少ない安定した動作が得られる。なお、マイクロストリップアンテナ

$$Z_{in} = j \cdot Z_0 \cdot \tan \beta L \quad (\beta = 2\pi/\lambda_g) \cdots (1)$$

ただし、 $Z_0$  は伝送線路の特性インピーダンス、 $\lambda_g$  はマイクロ波・ミリ波の実効波長、 $L$  は伝送線路の長さを表わしている。

【0049】図1に示すアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の場合、伝送線路 $L$ はマイクロ波・ミリ波回路24の第4の接地導体21から、接続部材11、第3の接地導体5およびヴィアホール10を経て第2の接地導体4までの長さとなる。特性インピーダンス $Z_0$  を定数とした場合、 $L = \lambda_g/4$  となると(1)式は $\infty \Omega$  とな

る。すなわち、マイクロ波・ミリ波回路24が接地されていないのと同じ状態になり、マイクロ波・ミリ波回路24が動作しなくなる。したがって、マイクロ波・ミリ波回路24を安定に動作させるためには、第4の接地導体21から第2の接地導体4までの長さ $L$ を $\lambda_g/4$ より十分小さな値にする必要がある。

【0046】また、第3の導体層の上に、半導体装置20が実装される。半導体装置20は、半導体基板23上にマイクロ波・ミリ波回路24が形成され、マイクロ波・ミリ波回路24の入出力端子部22が給電回路6に接続され、マイクロ波・ミリ波回路24の第4の接地導体21が第3の接地導体5に接続されている。なお、本実施の形態においては、半導体基板24として高周波用途に好適なGaAs基板を使用し、フォトリソグラフィ工程によってマイクロ波・ミリ波回路24を形成している。マイクロ波・ミリ波回路24は、増幅器、フィルタ、周波数混合器(アップコンバータ、ダウンコンバータ)、発振器等の素子で構成されている。マイクロ波・ミリ波回路24は、主にコプレーナ線路で構成してもよいし、マイクロストリップ線路により構成してもよい。また、半導体装置20と第3の導体層との接続は、半導体装置20をフェースダウンして接続部材11によってフリップチップボンディングされている。また、マイクロ波・ミリ波回路24の入出力端子部22が給電回路6に、第4の接地導体21が第3の接地導体5に、十分短い長さの接続部材11で接続されている。したがって、接続部材11による寄生インダクタンスまたは寄生容量などによる高周波特性の影響がほとんどなく、またグラントが同一電位となるので安定な動作が可能となる。特に、接地導体1、4、5および21がヴィアホール9および10と接続部材11とによって十分短い長さで電氣的に接続されていることにより、マイクロ波・ミリ波回路24は雑音の少ない安定した動作特性を得ることができる。

【0047】マイクロ波・ミリ波回路を安定に動作させるためには、すべてのマイクロ波・ミリ波の動作周波数においてマイクロ波・ミリ波回路の接地電位を0Vにする必要がある。図2は、マイクロ波・ミリ波帯における伝送線路のインピーダンスを算出するためのモデルを示す図である。伝送線路の先端を短絡した場合の他端のインピーダンス $Z_{in}$ は次式で表わされる。

【0048】

る。すなわち、マイクロ波・ミリ波回路24が接地されていないのと同じ状態になり、マイクロ波・ミリ波回路24が動作しなくなる。したがって、マイクロ波・ミリ波回路24を安定に動作させるためには、第4の接地導体21から第2の接地導体4までの長さ $L$ を $\lambda_g/4$ より十分小さな値にする必要がある。

【0050】また、本実施の形態におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路における第1の誘電体基板7の厚さは150 $\mu$ m、第2の誘電体基板8の厚さは25

0 $\mu$ mとしている。第1の誘電体基板7または第2の誘電体基板8上に形成されるマイクロストリップ線路の理想動作周波数の動作限界f<sub>gs</sub>の近似式は次式で与えら

$$f_{gs} = 21.3 / ((W + 2h) \sqrt{(\epsilon_r + 1)}) \dots (2)$$

なお、Wはマイクロストリップ線路の幅(mm)を、hは誘電体基板の厚さ(mm)を、 $\epsilon_r$ は誘電体基板の比誘電率を示している。

【0052】(2)式からわかるように、誘電体基板の比誘電率が小さいほど、マイクロストリップ線路の幅Wが狭いほど、あるいは誘電体基板の厚さが薄いほど、マイクロストリップ線路の理想動作周波数の動作限界f<sub>gs</sub>は高くなる。しかし、誘電体基板の配線ルール上マイクロストリップ線路の幅Wを50 $\mu$ m以下とするのは難しいため、通常50 $\mu$ m以上が用いられる。また、誘電体基板の厚さhは、セラミックで単層の場合では、抗折強度、そりまたはうねりの問題があるため、現在の製作技術限界である50 $\mu$ m程度の作製が困難となりがちであり、工程でのハンドリング上の強度を考えると150 $\mu$ m以上が望ましい。これらの理由により各誘電体基板の厚さを上述のようにしている。

【0053】図3は、実施の形態1におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の斜視図である。半導体装置20はフェースダウンされ接続部材11によってフリップチップボンディングされている。

【0054】図4は、実施の形態1におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の第1の導体層を示す図である。第2の導体層に設けられる第1のスロット結合孔3は、第1の導体層から見てマイクロストリップアンテナ2の3'の位置となるように形成される。また、第1の接地導体1と第2の接地導体4との間に設けられる第1のビアホール9は、第1の接地導体1における9'の位置に形成される。接地導体1の○印はすべて第1のビアホール9の位置を表わしている。

【0055】図5は、実施の形態1におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の第2の導体層を示す図である。中央やや左の4つの○印は、第1のスロット結合孔3を示している。また、それ以外の○印はすべて第1のビアホール9または第2のビアホール10の位置を表わしている。

【0056】図6は、実施の形態1におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の第1の誘電体基板7を示す図である。第2の導体層に設けられる第1のスロット結合孔3は、第1の誘電体基板7から見て3'の位置となる。それ以外の○印はすべて第1のビアホール9の位置を表わしている。

【0057】図7は、実施の形態1におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の第2の誘電体基板8を示す図である。第2の導体層に設けられる第1のスロット結合孔3は、第2の誘電体基板8から見て3'の位置となる。それ以外の○印はすべて第2のビアホール10

れる。

【0051】

の位置を表わしている。

【0058】図8は、実施の形態1におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の第3の導体層を示す図である。第2の導体層に設けられる第1のスロット結合孔3は、給電回路6から見て3'の位置となる。○印の中に斜線を施した11'の位置には接続部材11が接続される。また、それ以外の○印はすべて第2のビアホール10の位置を表わしている。

【0059】図9は、実施の形態1におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の第4の導体層を示す図である。○印の中に斜線を施した11'の位置には接続部材11が接続される。

【0060】[実施の形態2]図10は、実施の形態2におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の断面を示す図である。実施の形態2におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路は、図1に示す実施の形態1におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路と比較して、第2の接地導体4を含む第2の導体層と第1の誘電体基板7との間に第2のスロット結合孔12と第5の接地導体層13とを含む第5の導体層が形成される点と、第1のビアホール9が第1の接地導体1と第5の接地導体13とを接続するように形成される点のみが異なる。したがって、重複する部分の機能は同じであるので詳細な説明は繰返さない。

【0061】第2のスロット結合孔12と第1のスロット結合孔3とが重なり合うように、第5の接地導体13と第2の接地導体4とが貼り合わされて電気的に接続され一体化されている。なお、本実施の形態においては、第1の誘電体基板7と第2の誘電体基板8とを別々に先に焼成する。第1の誘電体基板7の一方の面にマイクロストリップアンテナ2と第1の接地導体1とを厚膜印刷し、他方の面に第2のスロット結合孔12と第5の接地導体13とを厚膜印刷して第1の基板部14を形成する。また、第2の誘電体基板8の一方の面に第3の接地導体5と給電回路6とを厚膜印刷し、他方の面に第1のスロット結合孔3と第2の接地導体4とを厚膜印刷して第2の基板部15を形成する。そして第1の基板部14と第2の基板部15とをプレスして貼り合わせて追加工焼成する。第1の誘電体基板7と第2の誘電体基板8という比較的剛性のある2枚の板をもとに、その各両面にそれぞれ1層の導体を印刷し、両者を貼り合わせて追加工焼成するため、層を重ねることによる内部応力はバランスが取れて反りの問題が生じにくく、高周波特性の劣化が発生しにくい。また、第1のスロット結合孔3と第2のスロット結合孔12とは、重なり合うように貼り合わされるので、給電回路6とマイクロストリップアンテナ2



とを、第1のスロット結合孔3と第2のスロット結合孔12とを介して効率よくマイクロ波・ミリ波信号を電磁界の作用により結合させることができる。

【0062】〔実施の形態3〕図11は、実施の形態3におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の断面を示す図である。実施の形態3におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路は、図10に示す実施の形態2におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路と比較して、第1の誘電体基板7に貫通孔を設けて第3の誘電体基板17を配設した点のみが異なる。したがって、重複する部分の機能は同じであるので詳細な説明は繰返さない。

【0063】マイクロストリップアンテナ2は、第2のスロット結合孔12の略真下に位置しており、第3の誘電体基板17の表面に形成されている。第3の誘電体基板17の誘電率は、第1の誘電体基板7および第2の誘電体基板8と比較して極めて小さくしているため、マイクロストリップアンテナ2の指向性、効率等の放射特性の向上をさらに図ることができる。第3の誘電体基板17は、埋込による追加焼成により配設してもよいが、マイクロストリップアンテナ2を形成したテフロン、石英などの低誘電率の第3の誘電体基板17を嵌め込んでもよい。

【0064】〔実施の形態4〕図12は、実施の形態4におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の断面を示す図である。実施の形態4におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路は、図10に示す実施の形態2におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路と比較して、第1の誘電体基板7に凹部18を設けて第3の誘電体基板17を配設した点のみが異なる。したがって、重複する部分の機能は同じであるので詳細な説明は繰返さない。

【0065】凹部18の側面を傾斜させたため第3の誘電体基板17の埋込や嵌め込みが容易になる。なお、第3の誘電体基板17は、第1の誘電体基板7の面と面一になるようにしているが、第1の誘電体基板7の面に対して奥まらせることによって、第2のスロット結合孔12からマイクロストリップアンテナ2までの間隔を調整できるため、マイクロストリップアンテナ2の周波数帯域幅をコントロールすることができる。

【0066】なお、アンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路は、IF (Intermediate Frequency) 回路、電源部、表示部および筐体などとともに通信機器として組み上げられる際、アンテナ部の保護、たとえば汚濁による特性の劣化や変化を防ぐため、通常レドーム等のカバーを必要とする。このカバーが直接マイクロストリップアンテナ2の面に当たると、放射特性が変わるので、マイクロストリップアンテナ2に接しないようにカバーが設けられる。本実施の形態において、誘電体基板17を奥まらせることにより、マイクロストリップアンテナ2が

第1の接地導体1よりも奥まることになるため、第1の接地導体1に接してカバーを施してもマイクロストリップアンテナ2からカバーまでの間に十分な空間を保てる。したがって、アンテナの放射特性を維持しつつも、アンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路全体としての厚さは変わらないため応力に対する強度を維持し、薄型化を図ることができる。また、薄型化することによって、アンテナのQ値を高くし、帯域幅を狭くすることができるため、不要波の放射を低減することができる。

【0067】〔実施の形態5〕図13は、実施の形態5におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の断面を示す図である。実施の形態5におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路は、図10に示す実施の形態2におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路と比較して、第1の誘電体基板7に凹部18を設けて第1の接地導体1'を凹部18の側面を覆うように形成した点と、マイクロストリップアンテナ2を凹部18の底面に配設した点のみが異なる。したがって、重複する部分の機能は同じであるので詳細な説明は繰返さない。

【0068】第1の接地導体1'は凹部18の側面を覆うように形成されるので、第1の誘電体基板7の側面からの不要放射(電磁界の洩れ)を防止できる。本実施の形態においては、第1の誘電体基板7の厚さは元々薄いため、凹部18の底面に設けられるマイクロストリップアンテナ2や凹部18の側面に配設される第1の接地導体も厚膜印刷が可能であるが、薄膜により形成してもよい。

【0069】〔実施の形態6〕図14は、実施の形態6におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の断面を示す図である。実施の形態6におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路は、図10に示す実施の形態2におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路と比較して、第1のスロット結合孔3および第2の接地導体4を含む第2の導体層と第2のスロット結合孔12および第5の接地導体13を含む第5の導体層との間に、第3のスロット結合孔19および第6の接地導体30を含む第6の導体層が設けられる点のみが異なる。したがって、重複する部分の機能は同じであるので詳細な説明は繰返さない。

【0070】第3のスロット結合孔19が第1のスロット結合孔3および第2のスロット結合孔12と重なり合うように、第6の接地導体30が第2の接地導体4と第5の接地導体13との間に貼り合わされ、電気的に接続されている。第6の導体層は、第1の基板部14上に厚膜印刷された後同時焼成してもよいが、別々に焼成された第1の基板部14と第2の基板部15との間に第3のスロット結合孔13を設けた第6の導体層を、たとえばはんだ付けあるいは導電性シートあるいは金属薄膜などによって接続してもよい。また、第3のスロット結合孔19を設けた第6の導体層として多数のヴィアホールを

形成した基材を介して同時焼成することにより、アンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路を構成してもよい。この構成によって強度を向上することができ、導体層により接続する場合に比べて工程を簡略化でき、信頼性が高く精度よく安定した作成が可能となる。第2の接地導体と第5の接地導体13との間に介される層あるいは基材は、すべて導体でなくても層に内在する多数の導体により層あるいは基材の両面が同電位となるようにすればよい。導電性のない接着剤や粘着シートなどを用いて単に貼り合わせる場合に比べて、誘電体損や共振周波数の変化やこれらに伴う結合効率の低下を防止することができる。

【0071】[実施の形態7] 図15は、実施の形態7におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の断面を示す図である。実施の形態7におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路は、図1に示す実施の形態1におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路と比較して、第3の接地導体5および給電回路6を含む第3の導体層の上にAuの電解メッキによりメッキ導体31を形成した後、半導体装置20を実装する点のみが異なる。したがって、重複する部分の機能は同じであるので詳細な説明は繰返さない。

【0072】焼結体の一部として導体層を形成する場合に、導体層の素材に限られており配線抵抗の高いものを使用せざるを得ないことがある。特に、ミリ波では表皮効果の傾向が顕著なため、第3の導体層上に低抵抗の導体をメッキすることにより、第3の導体層に低抵抗の導体を使用した場合と同じ効果を得ることができる。

【0073】[実施の形態8] 図16は、実施の形態8におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の断面を示す図である。実施の形態8におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路は、図10に示す実施の形態2におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路と比較して、半導体装置20と給電回路6とを囲むように配設されるキャップ32が接着剤33によって第3の接地導体5と接続される点のみが異なる。したがって、重複する部分の機能は同じであるので詳細な説明は繰返さない。

【0074】キャップ32は、内外面に導電層が形成されたセラミックで構成されており、第3の接地導体5と導電性ペーストなど接着剤33によって接着されている。本実施の形態においては、半導体装置20および給電回路6からの不要放射や外部からの不要入射を防ぐことができる。

【0075】[実施の形態9] 図17は、実施の形態9におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の断面を示す図である。実施の形態9におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路は、図1に示す実施の形態1におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路と比較して、半導体装置20と給電回路6とを囲むように棒体3

4が設けられ、棒体34の上面にリッド35がシール材36によって接合される点のみが異なる。したがって、重複する部分の機能は同じであるので詳細な説明は繰返さない。

【0076】棒体34は、第3の導体層の周辺部に厚膜印刷によって同時焼成されて設けられる。リッド35はコパールで構成されており、給電回路6からの不要放射や外部からの不要入射を防ぐことができる。リッド35と棒体34との接着はAuSnなどのシール材36によってなされる。

【0077】[実施の形態10] 図18は、実施の形態10におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の断面を示す図である。実施の形態10におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路は、図1に示す実施の形態1におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路と比較して、半導体装置20と第3の導体層とを接続するための接続部材11として、断面の径より高さの方が大きい突起電極37を用いた点のみが異なる。したがって、重複する部分の機能は同じであるので詳細な説明は繰返さない。

【0078】突起電極37には、樹脂球体に導電性被膜を施したビーズ、異方導電性シートなどが用いられる。本実施の形態においては、突起電極37の材料としてAuを用いるが、SnPbはんだやその他の金属や合金を用いてもよい。また、突起電極37の接続後の高さ、すなわちマイクロ波・ミリ波回路24と給電回路6あるいは第3の接地導体5との間隔は、その間に介在する物質の誘電特性、マイクロ波・ミリ波回路24の周波数等を考慮して定める。具体的には、 $10\mu\text{m}$ よりも大きく、 $200\mu\text{m}$ よりも小さくすることが望ましい。突起電極37の高さを非常に小さくするためには、まず介在する物質の誘電率を非常に小さくする必要がある。基板の微妙な反りや半導体装置20の第3の導体層に対する微妙な傾きにより生じる間隔のばらつきは、間隔が小さくなればなるほど相対的に間隔の誤差の割合が大きくなり、マージンが減少し低コストで安定した高周波特性を有するアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路を製造できなくなる。また、マイクロ波・ミリ波回路24に形成された能動素子あるいは受動素子に寄生容量が付加されてしまう。一方、 $200\mu\text{m}$ を超えると、突起電極37の寄生インダクタンス成分によるインピーダンスの変動の影響が無視できなくなり、必要とする周波数帯域が確保できないなど高周波特性の影響が出る。また、介在する物質としては、本実施の形態においては空気であるが、誘電特性などを考慮して他の気体、液体または固体を介在させてもよい。なお、突起電極37の接続は、半導体装置20側の接続部および第3の導体層側の接続部とも、AuとAuとの熱圧着を用いている。

【0079】図19は、図18に示す実施の形態10におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の突起電

極37の作成工程を示す図である。まず、図19(a)に示すように、キャピラリ39から出た金属または合金からなる細いワイヤ38の先端にスパーク等により微小球40を形成する。ワイヤ38は、ある種の元素を添加したワイヤ径20 $\mu\text{m}$ のAuワイヤを用い、直径約45 $\mu\text{m}$ 程度の微小球を形成する。

【0080】次に図19(b)に示すように、半導体装置20の突起電極を形成すべき部位、たとえばマイクロ波・ミリ波回路20の入出力端子部22上の必要な箇所へ熱と圧力と超音波を加えて接続(ボールボンディング)する。

【0081】そして、図19(c)に示すように、ワイヤ38の微小球40の接続完了とともに、細いワイヤ38がボンダーの機構によりクランプされるため、キャピラリ39の上昇により結晶化領域の境界で切断され、比較的短いテール部41を有する突起電極37が形成される。すなわち、直径が約50 $\mu\text{m}$ 、テール部41の長さが約60 $\mu\text{m}$ および全体の高さが約100 $\mu\text{m}$ の突起電極37が形成される。

【0082】そして、図19(d)に示すように、半導体装置20と第3の導体層とを位置合わせし、第3の導体層の突起電極37を接続すべき部位、たとえば給電回路6へ突起電極37に熱と圧力を加えながら接続(フリップチップボンディング)する。ここでは、主にテール部41が押し潰されて、接続後の突起電極37の高さは約70 $\mu\text{m}$ 程度なる。

【0083】なお、ワイヤ38の径や材質、キャピラリ39の形状、スパーク条件、ボールボンディング条件、フリップチップボンディング条件を変えることにより、誘電特性などが考慮された所望の高さにすることができる。ただし、細いワイヤ38の径に比較して比較的長いテール部41を有するようにボールボンディングすると、フリップチップボンディングするときにテール部41が座屈を起こすことがあり、1回のボールボンディングでワイヤ38の径に対してある程度の高さの突起電極37を作るためには、ある程度の太さのワイヤ38で最初に形成する微小球40の径がそのワイヤ38の径に対してあまり大きくならないように、スパーク条件やワイヤ38の材質を選定するのが望ましい。

【0084】なお、突起電極37の材料としてAuを用い、熱圧着により接続させることは高周波特性や信頼性から特に好適である。Auの突起電極37を作成する別の方法として、ウェハ工程時にフォトリソグラフィ工程によるものがよく知られている。これは給電メタルを形成した後、突起電極の高さ以上のレジストを塗布し、露光および現像により突起電極を形成する箇所のレジストを除去して給電メタルを露出させ、給電メタル上に突起電極を電解メッキにより成長させる。その後、レジストの除去および給電メタルの除去という複雑な工程を経るものである。しかし、レジストの感光性や平坦性および

位置合わせマークの読取などには限界があり、フリップチップボンディングする前の高さで20 $\mu\text{m}$ 程度のものしかできず、フリップチップボンディングした後で10~15 $\mu\text{m}$ 程度となってしまう。特に、ミリ波で求められるような30 $\mu\text{m}$ を超えるようなフリップチップボンディング後の高さの突起電極を得ることができなかった。ここで、より高くする方法としてフォトリソグラフィ工程をもう一度繰返してもよいが、ウェハ工程がさらに複雑となり多大なコストアップを招くことになる。また、突起電極の配置には工程からくる制約が多く、配置の変更はマスクの再設計が必要となり開発の長期化を招くことになる。

【0085】しかし、本実施の形態においては上述したように、突起電極37をフリップチップボンディング後に200 $\mu\text{m}$ 程度まで高くすることが容易である。また、図19(c)に示すボールボンディングされた突起電極37の上にさらにボールボンディングしたり、半導体装置20側にも第3の導体層側にもボールボンディングにより突起電極37を設け、突起電極37同士を突き合わせてフリップチップボンディングしてもよい。これらの場合、ボールボンディング数は増えるものの突起電極37の直径に対する高さを極めて高くすることができ、突起電極37を設ける面積を減らすことができ設計の自由度が向上する。また、突起電極37を作る工程は、ウェハの完成後またはチップにダイシングされた後であるため配置の変更が簡単にできる。

【0086】図20は、実施の形態10におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の半導体装置20の平面図である。半導体装置20のマイクロ波・ミリ波回路24として主にコプレナ線路を用いている。コプレナ線路の中心導体の両側に位置する第4の接地導体21は、回路設計上平面的には分断されてしまうことが避けられない。従来では、分断された第4の接地導体21を同電位化するために、エアブリッジを用いたり半導体基板23にヴィアホールと下層配線を形成することにより同電位としていたが、回路が複雑になり規模が大きくなると安定な接地を確保することができなくなり、寄生容量の増大あるいは寄生発振が生じるなどの問題があった。しかし、本実施の形態においては、通常の導体間の不図示のエアブリッジ接続だけでなく、分断された各々の第4の接地導体21が、各々の突起電極を介して第3の接地導体5へ接続される。このため、グランドの電位を同一電位にし、回路の安定した動作が可能となり、寄生容量の発生を抑えることができる。さらに、接続のためのエアブリッジの個数を減らすことができるため、エアブリッジ部の寄生容量を低減することが可能となり、高周波特性の向上および製造歩留りを向上させることができる。マイクロ波・ミリ波回路24を形成する基板として、半導体基板23を用いているが、セラミック等の誘電体基板であってもよい。

【0087】[実施の形態11] 図21は、実施の形態11におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の断面を示す図である。実施の形態11におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路は、図1に示すアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路と比較して、半導体装置20がフェースアップで実装される点、半導体装置20の裏面に第7の接地導体42が形成されて第3の接地導体5と接続される点および半導体装置20の入出力端子部22と給電回路6との接続あるいは半導体装置20の第4の接地導体21と第3の接地導体5との接続が細いリボン43によって行なわれる点のみが異なる。したがって、重複する部分の機能は同じであるので詳細な説明は繰返さない。

【0088】半導体装置20のマイクロ波・ミリ波回路24は、マイクロストリップ線路で構成されている。リボン43は、幅80 $\mu$ m、厚さ20 $\mu$ mのAuリボンを用いているが、高周波特性に応じて異なる断面形状のものやワイヤを用いてもよい。マイクロストリップ線路で構成されたマイクロ波・ミリ波回路24は、半導体装置23の裏面の第7の接地導体42がグランドとなる。第7の接地導体42を第3の接地導体5に直接接続することができ、第1の接地導体1、第2の接地導体4、第3の接地導体5および第7の接地導体42が最短距離で電気的に接続されるため、マイクロ波・ミリ波回路24およびマイクロストリップアンテナ2において、寄生容量などの影響を受けることがなくなる。また、マイクロ波・ミリ波回路24は雑音の少ない安定した動作が得られる。一方、マイクロストリップアンテナ2はサイドローブを低減した良好な放射パターン特性を得ることができる。

【0089】[実施の形態12] 図22は、実施の形態12におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の断面を示す図である。実施の形態12におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路は、図1に示す実施の形態1におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路と比較して、半導体装置20のマイクロ波・ミリ波回路24が周波数変換機能を有しており、変換された中間周波数の信号が伝達される中間周波数入出力端子部44を含む点と、突起電極37を介して中間周波数入出力端子部44と接続され、中間周波数の信号を伝達するための中間周波数入出力端子部45が第3の導体層に形成される点のみが異なる。したがって、重複する部分の機能は同じであるので詳細な説明は繰返さない。

【0090】中間周波数入出力端子部45は、不図示のコネクタなどの接続部によって中間周波数信号を処理するための不図示の外部回路基板と接続されている。マイクロ波またはミリ波のような高い周波数の信号が伝達される接続部は、信号の洩れ、反射あるいは吸収などを避けるために同軸線路などの高周波数に適した特殊な方法を取る必要がある。マイクロ波またはミリ波のような高

い周波数の信号処理は、半導体装置20のマイクロ波・ミリ波回路24および周波数変換機能を有する部分で行なわれ、中間周波数入出力端子部44から先は高い周波数ではなくなっているため、中間周波数入出力端子部45と中間周波数を処理する不図示の外部回路基板とを接続するための接続部は特殊な方法にする必要がなくなる。なお、周波数変換部の例としてアップコンバータまたはダウンコンバータが挙げられ、入力される元の信号の処理目的に応じて構成される。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の断面を示す図である。

【図2】マイクロ波・ミリ波帯における伝送線路のインピーダンスを算出するためのモデルを示す図である。

【図3】実施の形態1におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の斜視図である。

【図4】実施の形態1におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の第1の導体層を示す図である。

【図5】実施の形態1におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の第2の導体層を示す図である。

【図6】実施の形態1におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の第1の誘電体基板7を示す図である。

【図7】実施の形態1におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の第2の誘電体基板8を示す図である。

【図8】実施の形態1におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の第3の導体層を示す図である。

【図9】実施の形態1におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の第4の導体層を示す図である。

【図10】実施の形態2におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の断面を示す図である。

【図11】実施の形態3におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の断面を示す図である。

【図12】実施の形態4におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の断面を示す図である。

【図13】実施の形態5におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の断面を示す図である。

【図14】実施の形態6におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の断面を示す図である。

【図15】実施の形態7におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の断面を示す図である。

【図16】実施の形態8におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の断面を示す図である。

【図17】実施の形態9におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の断面を示す図である。

【図18】実施の形態10におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の断面を示す図である。

【図19】図18に示す実施の形態10におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の突起電極37の作成工程を示す図である。

【図20】実施の形態10におけるアンテナ一体化マイ

クロ波・ミリ波回路の半導体装置20の平面図である。

【図21】実施の形態11におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の断面を示す図である。

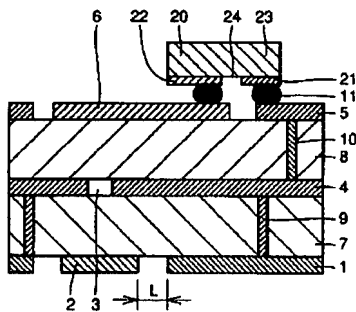
【図22】実施の形態12におけるアンテナ一体化マイクロ波・ミリ波回路の断面を示す図である。

【図23】従来のアンテナ一体型マイクロ波・ミリ波回路の構造を示す図である。

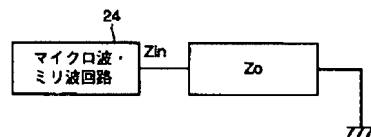
【符号の説明】

- |                 |                   |
|-----------------|-------------------|
| 1 第1の接地導体       | 17 第3の誘電体基板       |
| 2 マイクロストリップアンテナ | 18 凹部             |
| 3 第1のスロット結合孔    | 19 第3のスロット結合孔     |
| 4 第2の接地導体       | 20 半導体装置          |
| 5 第3の接地導体       | 21 第4の接地導体        |
| 6 給電回路          | 22 入出力端子部         |
| 7 第1の誘電体基板      | 23 半導体基板          |
| 8 第2の誘電体基板      | 24 マイクロ波・ミリ波回路    |
| 9 第1のヴィアホール     | 30 第6の接地導体        |
| 10 第2のヴィアホール    | 31 メッキ導体          |
| 11 接続部材         | 32 キャップ           |
| 12 第2のスロット結合孔   | 33 接着剤            |
| 13 第5の接地導体      | 34 棒体             |
| 14 第1の基板部       | 35 リッド            |
| 15 第2の基板部       | 36 シール材           |
| 16 貫通孔          | 37 突起電極           |
|                 | 38 ワイヤ            |
|                 | 39 キャピラリ          |
|                 | 40 微小球            |
|                 | 41 テール部           |
|                 | 42 第7の接地導体        |
|                 | 43 リボン            |
|                 | 44、45 中間周波数入出力端子部 |

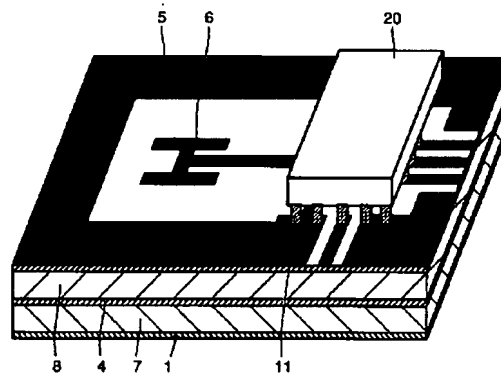
【図1】



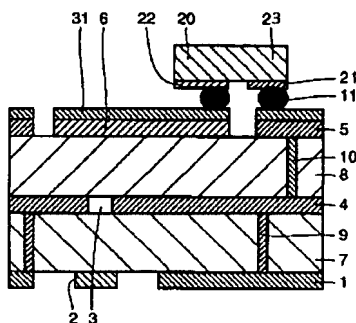
【図2】



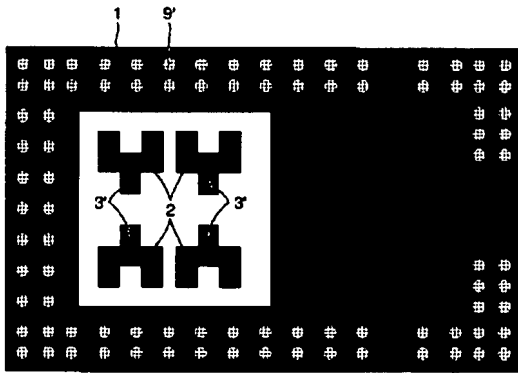
【図3】



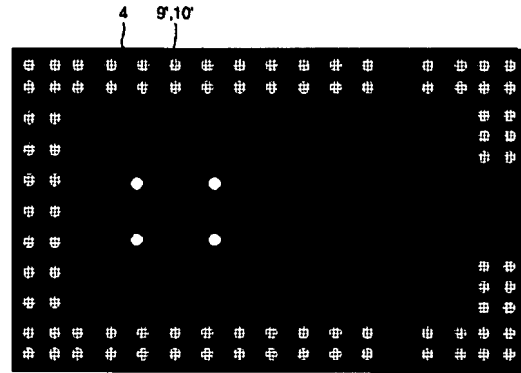
【図15】



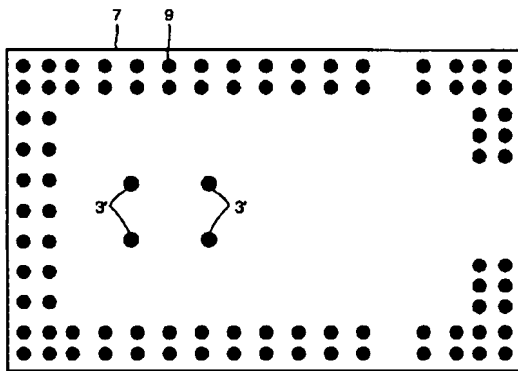
【図4】



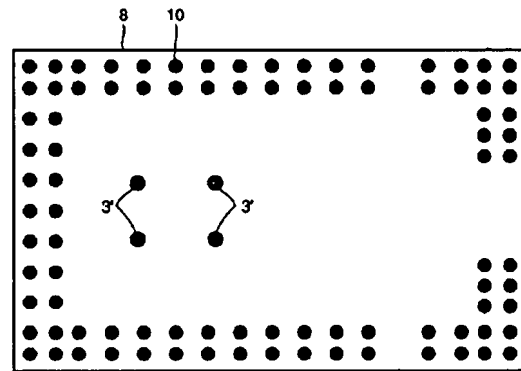
【図5】



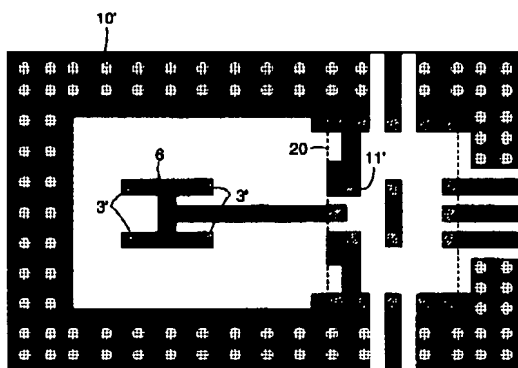
【図6】



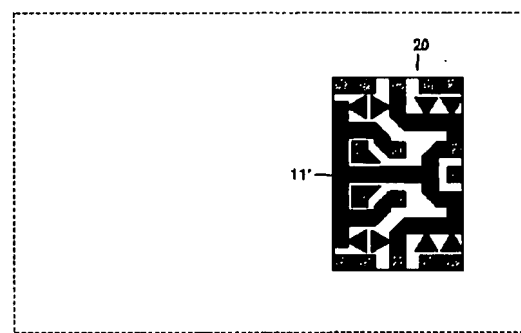
【図7】



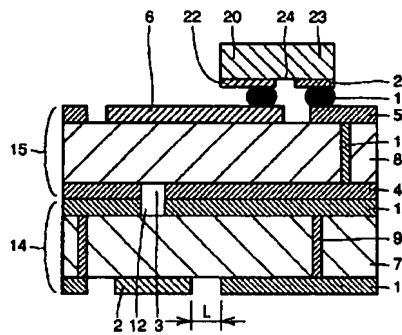
【図8】



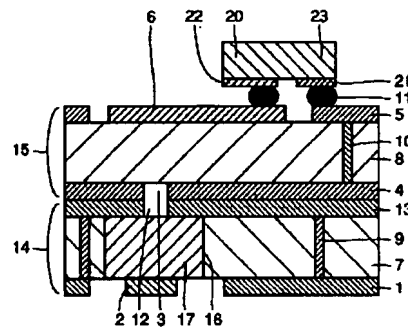
【図9】



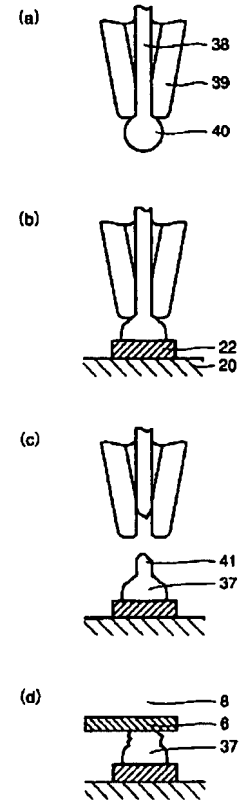
【図10】



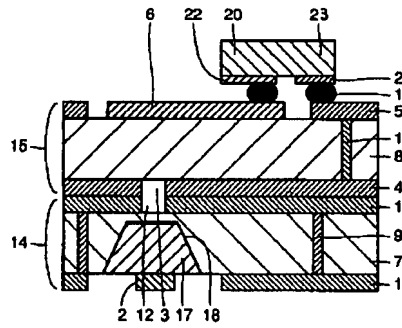
【図11】



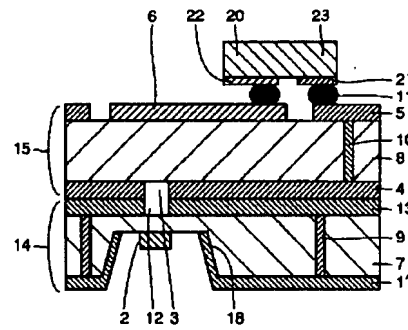
【図19】



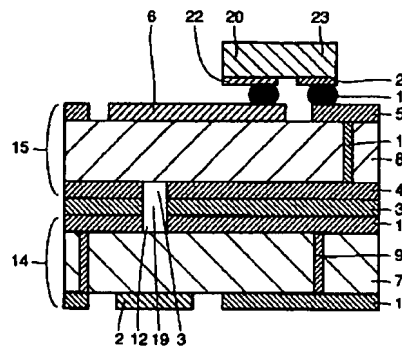
【図12】



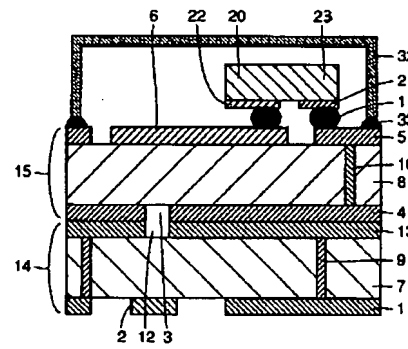
【図13】



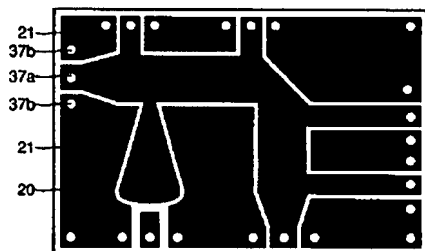
【図14】



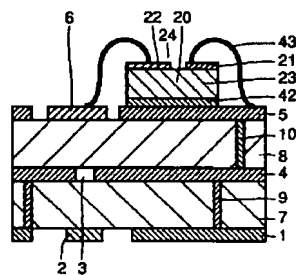
【図16】



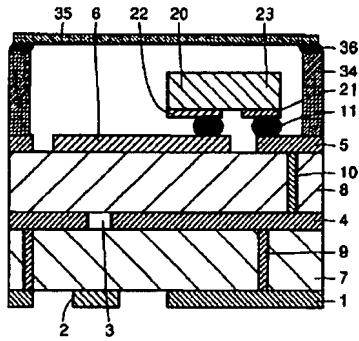
【図20】



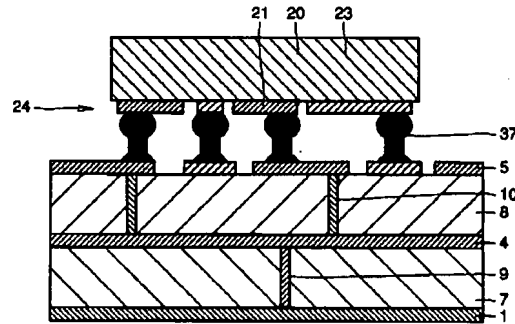
【図21】



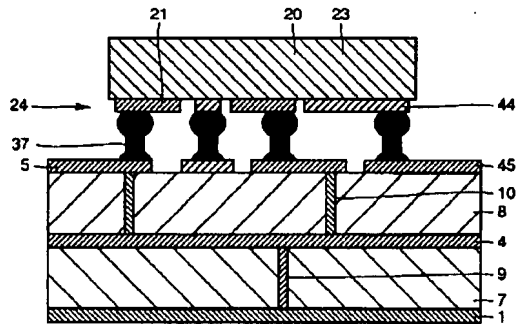
【図17】



【図18】



【図22】



【図23】

